

This file has been cleaned of potential threats.

If you confirm that the file is coming from a trusted source, you can send the following SHA-256 hash value to your admin for the original file.

67c45129c2dcf3ef873002fee1ed21f205a50e8681e412c5975edf689a1758e5

To view the reconstructed contents, please SCROLL DOWN to next page.

IDENTIFIKASI DAN MITIGASI KERENTANAN KEKERINGAN DAS MOYO
(*Identification and mitigation of drought vulnerability in Moyo Watershed*)

Endang Savitri¹ dan Irfan Budi Pramono¹

¹ Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Daerah Aliran Sungai
Jl. A. Yani Pabelan, Kartasura PO BOX 295 Surakarta 57102
Email: endangsavitri260@gmail.com

Diterima: 8 Agustus 2018; Direvisi: 14 Januari 2019; Disetujui: 4 Februari 2019

ABSTRACT

Drought identification is needed as a baseline for its mitigation. Several drought identification methods are available, but they need to be tested in dry climates. The purpose of this study was to identify dry area and its mitigation in Moyo Watershed, West Nusa Tenggara Province. Paimin and Syarif methods were used in the study. The results showed that the Paimin method produced a uniform vulnerability map, which was "medium vulnerable" for the entire watershed. This is because the applied parameters only have one class for the entire watershed. The Syarif method provides more variable results because the parameters produce several classes of vulnerabilities. However, the later method has a weakness in applying the depth of groundwater. Moyo watershed only had one class, whereas the depth of the groundwater level varied from 4 to 11 m in the dry season. The two methods produced the same results and there were classified as "medium susceptible" for Moyo watershed. For dry areas, it is necessary to reclassify the drought class of each parameter. By combining the two methods above, it is expected to obtain more accurate results. To get the Water Use Index parameter efficiently, the number of population and water usage should be more efficient. Extentions to the community about the effectively water usage is important. Adaptation to drought can also be done by making reservoirs and setting cropping patterns.

Keywords: *drought; vulnerability; mitigation*

ABSTRAK

Identifikasi kekeringan diperlukan sebagai data dasar untuk mitigasi bencana kekeringan. Beberapa metode identifikasi kekeringan telah tersedia. namun perlu diujicobakan di daerah beriklim kering. Tujuan penelitian ini adalah identifikasi dan mitigasi kekeringan di DAS Moyo, Propinsi Nusa Tenggara Barat. Metoda yang digunakan dalam studi ini adalah metode Paimin dan Syarif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metoda Paimin menghasilkan peta kerentanan yang seragam, yaitu "agak rentan" untuk seluruh DAS. Hasil ini disebabkan karena parameter yang digunakan hanya mempunyai satu kelas untuk seluruh DAS. Metode Syarif memberikan hasil yang lebih bervariasi karena parameter yang digunakan untuk DAS Moyo menghasilkan beberapa kelas kerentanan. Namun metode ini

mempunyai kelemahan dalam menerapkan kedalaman muka air tanah. Di DAS Moyo hanya mempunyai satu kelas, padahal kedalaman muka air tanah bervariasi dari 4 sampai 11 m pada musim kemarau. Kedua metoda yang digunakan menunjukkan hasil yang sama, yaitu kelas kerentanan kekeringan di DAS Moyo adalah “sedang” (metoda Syarif) atau “agak rentan” (metoda Paimin). Agar metode-metode tersebut cocok untuk daerah kering maka kelas kekeringan dari setiap parameter perlu di-reklasifikasi lagi. Dengan mengkombinasikan kedua metoda di atas diharapkan akan diperoleh hasil yang lebih baik. Pada parameter IPA, yang dapat dimodifikasi adalah jumlah penduduk dan penggunaan air yang lebih efisien. Pemanfaatan air secara efisien dapat dilakukan melalui penyuluhan kepada masyarakat. Adaptasi kekeringan dapat juga dilakukan dengan pembuatan embung dan tandon air serta pengaturan pola tanam.

Kata kunci: kekeringan; kerentanan; mitigasi

I. PENDAHULUAN

Nugroho (2015, 2016) menyatakan bahwa bencana sebagai akibat perubahan cuaca atau bencana hidrometeorologi di Indonesia semakin meningkat. Banjir, longsor, cuaca ekstrim dan kekeringan menjadi lebih sering terjadi sejak 2002. Menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), kekeringan adalah bencana yang sering melanda daerah NTB dan NTT pada tahun 2015 (Nugroho, 2015). Karena curah hujan rata-rata tahunan yang rendah, maka pulau Lombok lebih rentan mengalami bencana kekeringan daripada banjir (Saidah, Budiarto, & Hanifah, 2017).

Menurut Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana (Bakornas PB) (2007) bencana kekeringan adalah hubungan antara kebutuhan air yang melebihi ketersediaan air, sedangkan Raharjo (2010) mendefinisikan kekeringan sebagai pengurangan kelembaban secara signifikan pada suatu periode tertentu yang tidak bersifat permanen. Definisi bencana kekeringan menurut BNPB yang terdapat dalam UU no 24 tentang Penanggulangan Bencana (2007) adalah

ketersediaan air yang jauh di bawah kebutuhan air untuk kebutuhan hidup, untuk pertanian, kegiatan ekonomi dan lingkungan.

Bakornas PB (2007) membedakan kekeringan berdasarkan tipenya menjadi 3 (tiga); yaitu kekeringan meteorologis, kekeringan hidrologis dan kekeringan pertanian. Kekeringan meteorologis menunjukkan curah hujan dalam satu musim yang berada di bawah normal. Kekeringan ini menjadi indikasi awal munculnya bencana kekeringan. Kekeringan pertanian terjadi setelah kekeringan meteorologis, dimana kandungan air dalam tanah tidak mencukupi kebutuhan tanaman pada suatu periode tertentu dan cakupan wilayah yang luas. Kekeringan hidrologis terjadi apabila terdapat penurunan air di waduk, muka air sungai, danau dan muka air tanah secara alami (Van Lanen, 2015).

Bencana kekeringan yang terjadi pada daerah beriklim kering akan mudah diantisipasi oleh masyarakat, tetapi kekeringan bisa saja terjadi pada daerah yang mempunyai curah hujan tinggi atau rendah (Mohammad, Jung, Odeh,

Bhuiyan, & Hussein, 2018). Kekeringan tersebut dapat menyebabkan kerugian pada daerah-daerah yang bergantung pada pertanian apabila tidak diantisipasi sebelumnya. Kekeringan merupakan bencana yang sangat kompleks dan mempunyai dampak yang sangat buruk terhadap manusia (Wilhite, Svoboda, & Hayes, 2007).

Pada negara yang sedang berkembang atau miskin, kekeringan akan memberikan dampak yang lebih buruk dibandingkan dengan negara yang sudah berkembang (Van Lanen, 2015).

Kekeringan disebabkan oleh faktor alam dan faktor manusia (Paimin, Pramono, Purwanto, & Indrawati, 2012; Zou, Xia, & She, 2017), dimana faktor manusia adalah faktor yang dapat dikendalikan. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Burchfield, Williams & Carrico (2018) di Sri Lanka yang mengatakan bahwa masyarakat di Sri Lanka memanfaatkan air hujan untuk memenuhi kebutuhan pada saat musim kering. Pengetahuan mengenai adaptasi masyarakat terhadap bencana kekeringan dapat digunakan sebagai salah satu upaya untuk melakukan mitigasi bencana kekeringan (Mihunov *et al.*, 2018).

Beberapa metoda penentuan kekeringan hanya menggunakan curah hujan sebagai parameternya, seperti SPI (*Standardized Precipitation Index*) yang digunakan oleh beberapa peneliti antara lain Bonacorso *et al.*(2003), Livida dan Assimakopulos (2007), Utami *et al.*(2013), dan Edossa (2010). Metode lainnya adalah SPEI (*Standard Pricipitation and Evapotranspiration Index*) yang diper-

kenalkan oleh Bequeria *et al.* (2014). Penentuan periode kekeringan juga dapat dilakukan melalui citra satelit yang melihat perbedaan pertumbuhan tanaman pada saat kekeringan atau saat normal (Demisse *et al.*, 2018). Metoda penghitungan kekeringan yang lain adalah menggunakan Index Keke-riangan Palmer (Putro, Hadiani, & Suyanto, 2016; Suryanti, 2008), metoda SPI (*Standardised Precipitation Index*) (Das, Dutta, Sharma, & Dadhwal, 2016; Saidah *et al.*, 2017; Sari, Pancariniwati, & Pratiwi, 2017; Utami, Hadiani, & Susilowati, 2013). Metoda penentuan lokasi rentan kekeringan yang tidak hanya menggunakan parameter curah hujan telah dikembangkan oleh Paimin *et al.* (2012) yang juga mempertimbangkan Index Penggunaan Air (IPA) dan Debit Minimum Spesifik (DMS). Syarif, Barus, & Effendy, (2013) menggunakan faktor kedalaman air tanah dan jarak dari sungai ke lokasi penelitian.

Tulisan ini bertujuan untuk mengidentifikasi daerah kering dan alternatif adaptasinya di DAS Moyo dengan menggunakan metoda yang dikembangkan oleh Paimin *et al.* (2012) dan Syarif, Barus, & Effendy, (2013), dan untuk selanjutnya dalam tulisan ini disebut metoda Paimin dan metoda Syarif.

II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan pada tahun 2017 di DAS Moyo, Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat. Secara astronomis DAS Moyo terletak di 117°22' – 117°40' BT dan 08°24' – 08°50' LS (Savitri, Pramono, Indrawati, Yuliantoro, &

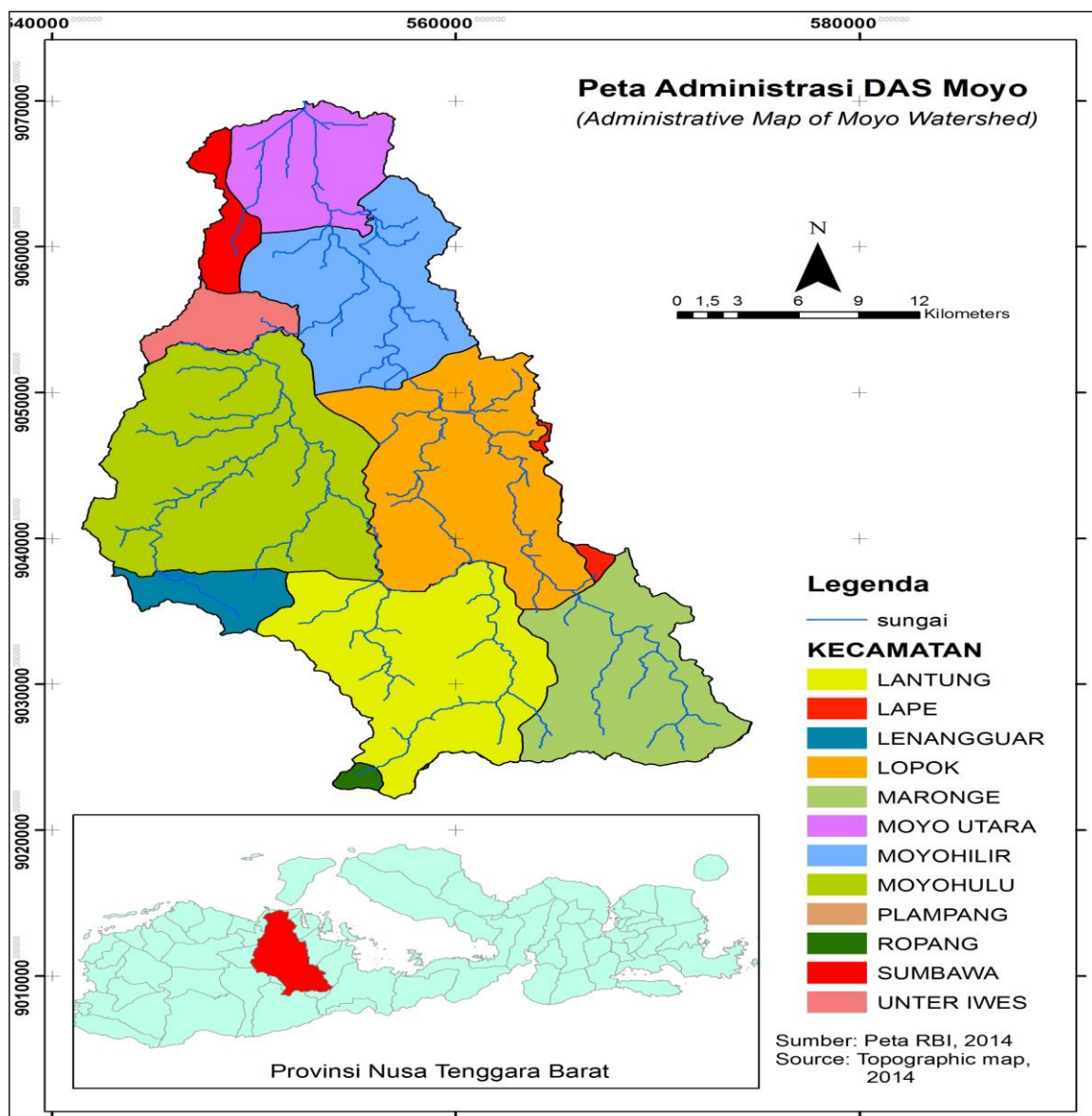
Ardianto, 2017). Secara administratif DAS Moyo berada di Kabupaten Sumbawa (Gambar 1).

B. Bahan dan Alat

Peta dan data yang digunakan adalah: peta RBI tahun 2016 dan sistem lahan yang dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG); peta geologi dari Pusat Survei Geologi, Kementerian Energi dan Sumber-daya Mineral (ESDM); peta tanah yang diterbitkan oleh Balai Penelitian Tanah, Kementerian Pertanian;

peta penutupan lahan yang diterbitkan tahun 2016 oleh Ditjen Planologi Kehutanan dan Tata Lingkungan (PKTL), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK).

Semua peta yang digunakan berskala 1: 250.000. Data hujan harian 10 (sepuluh) tahun terakhir (2006-2016) diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dan Balai Informasi Infrastruktur Wilayah (BIIW), Pemprov NTB.



Gambar (Figure) 1. Peta Administrasi DAS Moyo (Administration Map of Moyo watershed)
Sumber (Source): Peta Rupa Bumi Indonesia (Topographic Map), 2016

C. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis peta-peta dan data hujan serta pengukuran muka air tanah. Metoda Paimin menggunakan data hujan, evapotranspirasi, geologi, IPA dan Debit Minimum Spesifik (DMS). Paimin membagi kelas kerentanan menjadi 5 (lima) kelas, yaitu: sangat rentan, rentan, agak rentan, sedikit rentan dan tidak rentan.

Metoda Syarif juga menggunakan data hujan, tetapi curah hujan saat musim kering. Keberadaan sumber air permukaan yang diperoleh melalui pengukuran jarak dari sungai serta kedalaman air tanah yang diukur dari kedalaman sumur merupakan parameter-parameter yang digunakan dalam metoda Syarif. Berbeda dengan metoda Paimin yang menggunakan formasi geologi, metoda Syarif menggunakan tekstur tanah untuk menentukan kerentanan terhadap kekeringan. Selain itu Syarif juga

menggunakan WSVI (Indeks-ketersediaan air tanaman) yang nilainya diperoleh berdasarkan NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) dibagi dengan temperatur permukaan. Indeks Bahaya Ke-keringan (IBK) yang dikembangkan oleh Syarif dibagi menjadi 4 (empat) kelas, yaitu: tinggi, sedang, rendah dan aman.

Secara detail masing-masing parameter disajikan pada Lampiran 1. Pengukuran kedalaman air tanah dilakukan dengan mengukur ke-dalaman sumur penduduk secara acak. Mengingat kelas kerentanan kekeringan Paimin dan Syarif mempunyai kelas yang berbeda, maka perlu dibuat padanan dari kelas tersebut. Tabel 1 mem-perlihatkan padanan yang dibuat. Tabel 1 memperlihatkan bahwa kelas "sangat rentan" pada metoda Paimin mempunyai padanan "tinggi" pada metoda Syarif. Sebaliknya kelas "aman" pada Syarif sepadan dengan "sedikit rentan" dan "tidak rentan" pada metoda Paimin.

Analisis kerentanan kekeringan pada metoda Paimin menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kerentanan} = (0,2\text{HT}) + (0,175 \text{EAT}) + (0,125\text{BK}) + (0,1\text{GEO}) + (0,25\text{IPA}) + (0,15\text{DMS}) \quad (1)$$

Keterangan (*Remarks*):

HT	: Hujan tahunan (mm)	GEO	: Formasi geologi
EAT	: Evapotranspirasi actual tahunan (mm)	IPA	: Indeks Penggunaan Air
BK	: Jumlah bulan kering (< 100 mm/bulan)	DMS	: Debit minimum spesifik (m ³ /detik/km)

Persamaan yang digunakan untuk menghitung IBK dalam metoda Syarif sebagai berikut:

$$\text{IBK} : (0,33\text{CH}) + (0,27\text{KAT}) + (0,20\text{SA}) + (0,13\text{T}) + (0,06\text{WSVI}) \quad (2)$$

Keterangan (*Remark*)

CH	: Curah hujan bulan kering	T	: Tekstur tanah
KAT	: Kedalaman air tanah	WSVI	: <i>Water supply vegetation index</i>
SA	: Sumber air		

Tabel (Table) 1. Padanan kelas kerentanan kekeringan metoda Paimin *et al.* (2012) dan Syarif *et al.* (2013) (*The drought vulnerability equivalent of Paimin et al. (2012) and Syarif et al. (2013) methods*)

Metoda Paimin (<i>Paimin method</i>)	Metoda Syarif (<i>Syarif method</i>)
Sangat rentan (<i>Highly vulnerable</i>)	Tinggi (<i>Vulnerable</i>)
Rentan (<i>Vulnerable</i>)	Sedang (<i>Medium</i>)
Agak rentan (<i>Medium vulnerable</i>)	Rendah (<i>Low</i>)
Sedikit rentan (<i>Low vulnerable</i>)	Aman (<i>Not vulnerable</i>)
Tidak rentan (<i>Not vulnerable</i>)	-

Tabel (Table) 2. Parameter hujan yang digunakan untuk metode Paimin *et al.* (2012) dan Syarif *et al.* (2013) (*Rainfall parameters used by Paimin et al. (2012) and Syarif et al. (2013)*)

Parameter (Parameters)	Minimum (<i>Minimum</i>)	Maksimum (<i>Maximum</i>)	Kelas (<i>Class</i>)	Ket. (<i>Remarks</i>)
Jumlah bulan kering (<i>Numbers of dry months</i>)	6,14	6,88	5-7	Sedang
Curah hujan tahunan (<i>Yearly precipitation</i>) (mm)	1.322,89	1.523,43	1.000-1.500 1.500-2.000	Sedang Rendah
Curah hujan bulan kering (<i>Precipitation in dry months</i>) (mm)	16,25	56,06	15-30 30-45 45-60	Tinggi Sedang Rendah

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

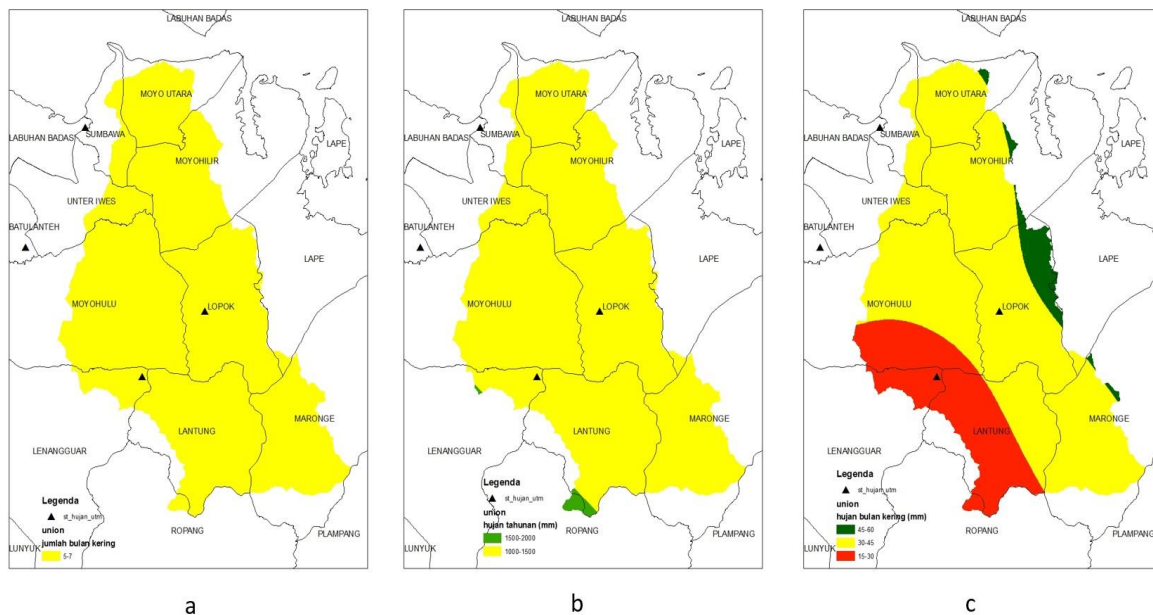
A. Parameter Kerentanan Kekeringan

Peta hujan dari data hujan harian dihasilkan melalui metoda spline, dimana setiap titik pada DAS Moyo dihitung hujannya berdasarkan data hujan dari 4 (empat) stasiun yang ada. Untuk kedua metoda di atas, diperoleh 3 (tiga) peta yang berkaitan dengan hujan, yaitu peta hujan tahunan, peta jumlah bulan kering dan peta hujan bulan kering. Dengan mengacu pada Lampiran 1 dan peta hasil spline, jumlah bulan kering hanya mempunyai 1 (satu) kelas, curah hujan tahunan 2 (dua) kelas dan curah hujan bulan kering 3 (tiga) kelas dan disajikan pada Tabel 2. Tabel 2 memperlihatkan bahwa dengan menggunakan 4 (empat) stasiun hujan (Pungkit Atas, Rea Atas, Semongkat, dan Stasiun Meteorologi III), jumlah bulan kering di DAS Moyo tersebut masih dalam 1 (satu) kelas, sehingga seluruh DAS mempunyai nilai yang sama; yaitu "sedang". Dari 3 (tiga) parameter yang digunakan pada kedua metoda tersebut, parameter jumlah bulan kering

yang paling kurang detail karena pengelompokan yang dibuat terlalu lebar, sehingga berakibat hanya menjadi satu kelas.

Sebaliknya, parameter curah hujan bulan kering yang digunakan dalam metoda Syarif menghasilkan pembagian kelas yang lebih bera-gam. Apabila jumlah stasiun hujan yang digunakan lebih banyak, di-mungkinkan akan memperoleh peta yang lebih detail. Gambar 2 memperlihatkan ketiga parameter hujan yang digunakan oleh kedua metoda tersebut.

Data evapotranspirasi yang digunakan dalam studi ini bukan merupakan data pengukuran langsung di lapangan, melainkan pendekatan dengan menggunakan penutupan lahan. Dari buku Peraturan Dirjen RLPS, Kemenhut tentang Pedoman Monev DAS (Dirjen RLPS, 2009) diperoleh beberapa nilai evapotranspirasi yang dapat digunakan dalam studi ini (Tabel 3). Sebaran penutupan lahan dan evapotranspirasi disajikan pada Gambar 3.



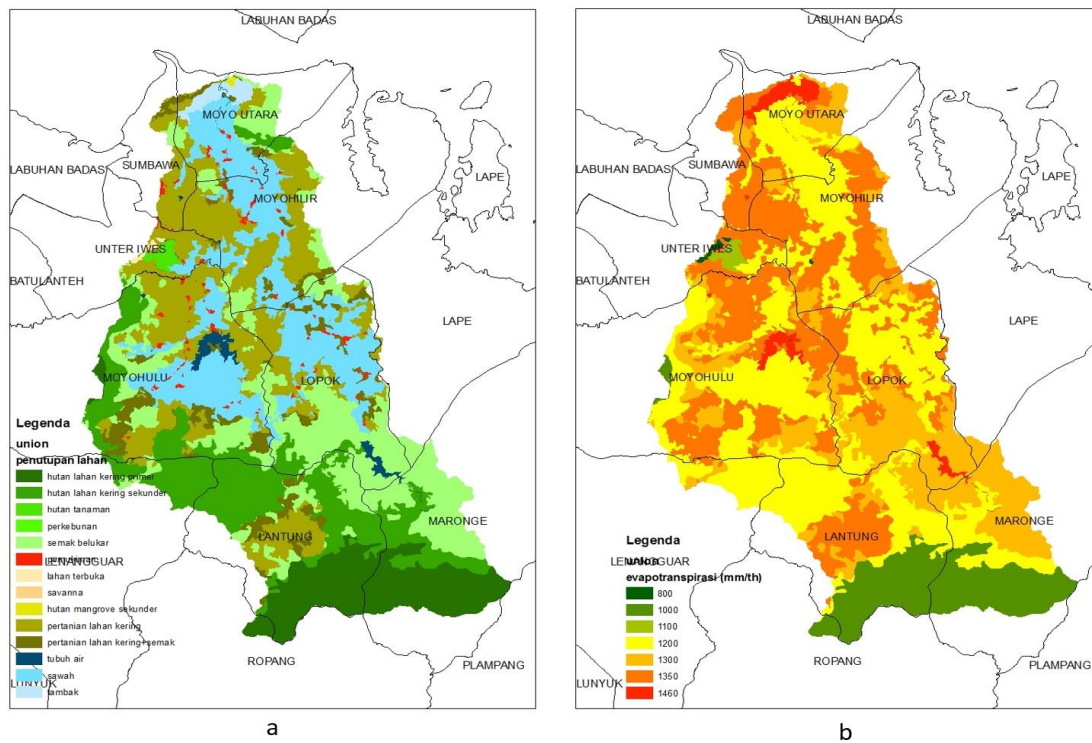
Gambar (Figure) 2. Parameter hujan yang digunakan: (a) jumlah bulan kering; (b) curah hujan tahunan; (c) curah hujan musim kering di DAS Moyo (*The rainfall parameters used for the analysis: (a) number of dry months; (b) yearly precipitation; (c) precipitation in dry months in Moyo watershed*)

Sumber (Source) : Analisis data hujan (*rainfall data analysis*), 2018

Tabel (Table) 3. Nilai evapotranspirasi pada penutupan lahan di DAS Moyo (*Evapotranspiration value for each land cover in Moyo watershed*)

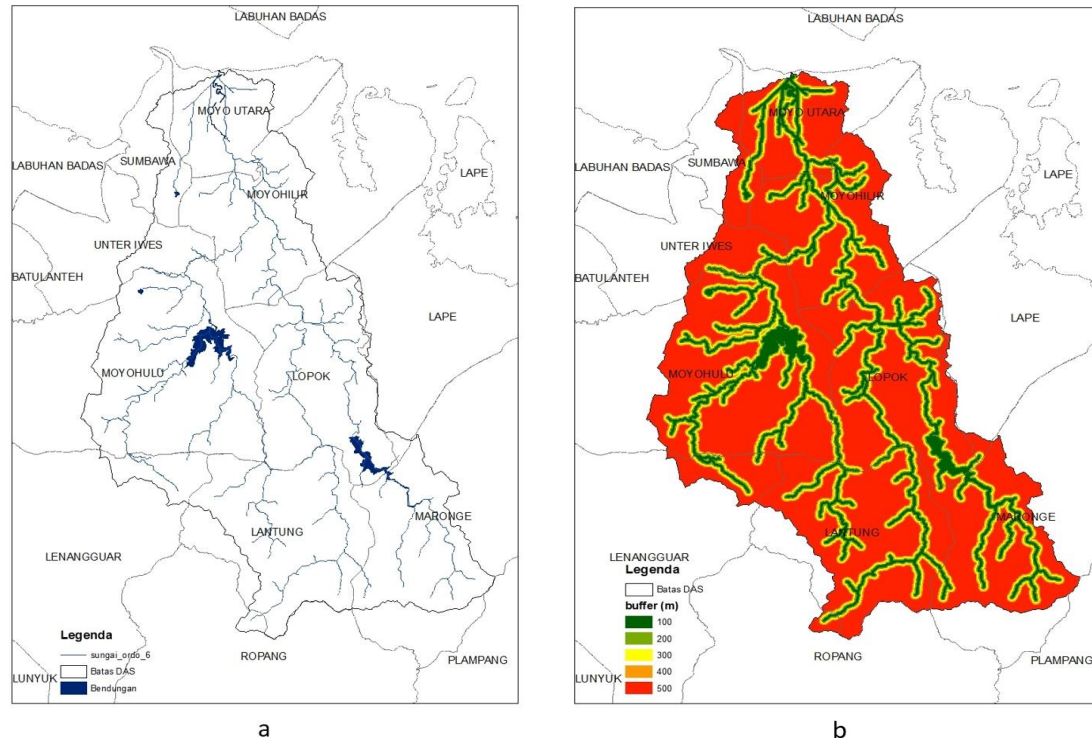
Penutupan lahan (<i>Land cover</i>)	Evapotranspirasi (<i>Evapotranspiration</i>) mm/tahun	Kelas (<i>Class</i>)
Lahan terbuka (<i>bare land</i>)	800	Rendah
Padang rumput (<i>pasture</i>)	800	Rendah
Hutan lahan kering primer (<i>Primary dryland forest</i>)	1.000	Rendah
Hutan tanaman (<i>plantation forest</i>)	1.100	Sedang
Perkebunan (<i>estate</i>)	1.100	Sedang
Hutan lahan kering sekunder (<i>Secondary dryland forest</i>)	1.200	Sedang
Sawah (<i>paddy field</i>)	1.200	Sedang
Pemukiman (<i>Settlement</i>)	1.200	Sedang
Hutan mangrove sekunder (<i>secondary mangrove forest</i>)	1.200	Sedang
Semak belukar (<i>Shrubs</i>)	1.300	Sedang
Pertanian lahan kering (<i>dry land agriculture</i>)	1.350	Sedang
Pertanian lahan kering + semak (<i>dry land agriculture and shrubs</i>)	1.350	Sedang
Tubuh air (<i>water body</i>)	1.460	Sedang
Tambak (<i>Ponds</i>)	1.460	Sedang

Sumber (Source): P.04 tentang Pedoman Monev DAS (*P.04 Guidelines on watershed monitoring*) (Dirjen RLPs, 2009)



Gambar (Figure) 3. Peta yang digunakan dalam analisis: (a) sebaran penutupan lahan dan (b) nilai evapotranspirasi berdasarkan penutupan lahan di DAS Moyo (Maps used for analysis (a) land cover and (b) values of evapotranspiration based on land cover in Moyo watershed).

Sumber (Source): Peta penutupan lahan Ditjen PKTL dan analisis peta (land cover map from Ditjen PKTL and map analysis), 2016



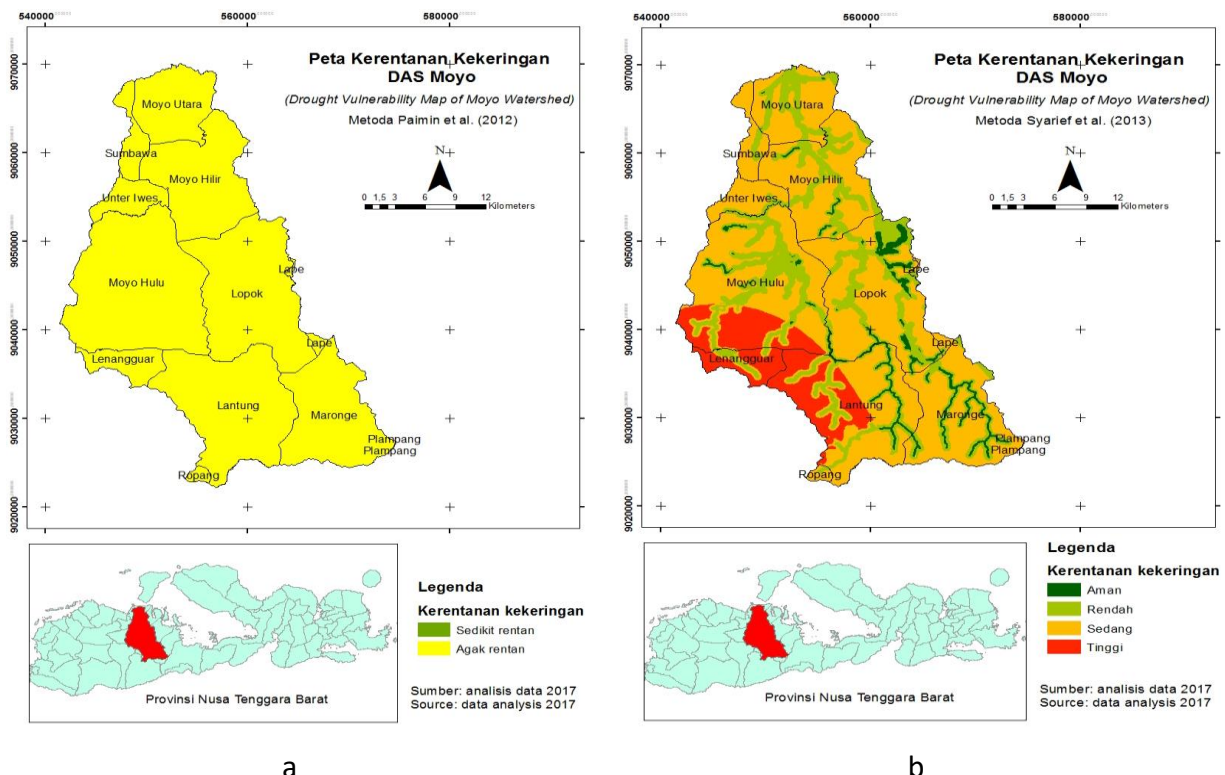
Gambar (Figure) 4. (a) Peta sumber air (sungai dan bendungan) dan (b) peta buffer sumber air di DAS Moyo ((a) Map on water sources (rivers and dams) and (b) map of water sources buffering in Moyo watershed)

Sumber (Source): Peta RBI dan analisis peta (topographic map and map analysis), 2016

Parameter penentu kerentanan kekeringan yang lain adalah jarak dari sumber air, baik itu berupa sungai maupun sumber air lainnya. Metoda Syarif menggunakan buffer pada sungai dan tubuh air lainnya dengan jarak 100, 200, 300, 400 dan > 400 m, di mana jarak 100 meter merupakan daerah yang paling aman dan > 400 m adalah daerah yang paling rentan kekeringan. Dari hasil melakukan buffering sungai dan bendungan yang ada, diperoleh peta sumber air seperti pada Gambar 4.

Parameter kekeringan yang di-gunakan dalam metoda Paimin, yaitu IPA dan DMS dihitung untuk seluruh DAS Moyo hanya menghasilkan satu nilai. IPA dihitung melalui pendekatan antara ketersediaan

air dengan jumlah penduduk dalam desa di DAS Moyo (Menteri Kehutanan, 2014), dimana ketersediaan air diperoleh melalui pendekatan *Thorntwaite – Mather* (1957) berdasarkan curah hujan, suhu dan kemampuan tanah menahan air (water holding capacity). Jumlah penduduk dihitung melalui data BPS setiap desa yang masuk dalam DAS Moyo. Dari perhitungan tersebut diperoleh IPA DAS Moyo sebesar 1.837,37 dengan kriteria “tinggi” dan skor 4 DMS diperoleh melalui pengukuran di lapangan, yaitu sebesar 0,155 m³/detik pada Tanggal 13 September 2017. Dengan mengkonversi nilai DMS ini ke dalam seluruh DAS Moyo, maka diperoleh DMS sebesar 0,0002 m³/detik/km² dengan kriteria “sangat tinggi” dan skor 5.



Gambar (Figure) 5. Peta kerentanan kekeringan: (a) metoda Paimin, (b) metoda Syarif di DAS Moyo (Map on drought vulnerability: (a) using Paimin method (b) using Syarif method in Moyo watershed). Sumber (Source): Analisis peta (map analysis).

B. Kerentanan Kekeringan

Penentuan kerentanan kekeringan menggunakan metoda Paimin dan Syarif, yaitu melakukan tumpang susun peta hujan, geologi, tanah, sumber air permukaan, Indeks Penggunaan Air (IPA) dan DMS. Hasil dari kedua metoda tersebut disajikan pada Gambar 5 berikut. Gambar 5 memperlihatkan bahwa metoda Paimin menghasilkan peta kerentanan yang seragam, yaitu “agak rentan” atau “sedang”. Hal ini disebabkan parameter yang digunakan hanya mempunyai satu kelas; yaitu jumlah bulan kering dari 4 (empat) stasiun yang digunakan. Dua parameter lainnya – IPA dan DMS – juga hanya mempunyai satu nilai untuk seluruh DAS. Parameter curah hujan dan geologi, mempunyai 2 (dua) kelas, tetapi salah satu kelas sangat dominan, sehingga akibatnya kerentanan kekeringan yang dihitung dengan metoda Paimin memberikan hasil yang sama untuk seluruh DAS.

Sebaliknya metoda yang dikembangkan oleh Syarif memberikan hasil yang lebih bervariasi. Sebagian besar

parameter yang digunakan mempunyai beberapa kelas, sehingga peta kerentanannya terdiri dari 4 (empat) kelas yang berbeda, yaitu “aman”, “rendah”, “sedang” dan “tinggi”. Dari parameter yang digunakan dalam metoda Syarif, hanya parameter kedalaman air tanah yang mempunyai nilai yang sama untuk seluruh DAS. Hasil analisis menunjukkan bahwa kedalaman air tanah pada saat musim hujan (Mei 2017) dan kemarau (September 2017) berada dalam satu kelas, yaitu 4,00-11,4 m atau dengan kriteria “sangat rendah”.

Sebaran kerentanan ke-keringan di DAS Moyo menggunakan metoda Syarif disajikan pada Tabel 4. Secara garis besar, kedua metoda yang digunakan menunjukkan hasil yang sama, yaitu kelas kerentanan kekeringan di DAS Moyo adalah “sedang” (metoda Syarif) atau “agak rentan” (metoda Paimin). Parameter yang paling berpengaruh pada metoda Syarif adalah curah hujan musim kering dan sumber air permukaan. Dengan mengkombinasikan kedua metoda di atas diharapkan akan diperoleh hasil yang lebih akurat.

Tabel (Table) 4. Sebaran kerentanan kekeringan DAS Moyo menurut metoda Syarif (*Drought vulnerability in Moyo watershed according to Syarif method*)

Kecamatan (Sub district)	Aman (ha) (not vulnerable)	Rendah (ha) (low vulnerability)	Sedang (ha) (medium vulnerability)	Tinggi (ha) (high vulnerability)
Lantung	658,6	2.478,7	6.487,6	4.021,2
Moyo Hulu	1.411,8	3.464,5	9.653,1	3.819,4
Lenagguar	-	337,8	276,1	1.703,7
Ropang	-	52,8	279,4	5,3
Lape	9,2	143,1	209,0	-
Lopok	1.881,7	4.115,6	8.187,4	-
Maronge	1.111,1	2.187,5	6.522,8	-
Moyo Utara	594,4	1.244,5	3.893,7	-
Moyo Hilir	1.046,5	2.390,8	6.686,9	-
Plampang	-	-	3,9	-
Sumbawa	75,4	159,1	1.586,6	-
Unter Iwes	93,2	195,5	1.930,4	-
Total (ha)	6.881,8	16.769,8	45.717,1	9.549,7
(%)	8,7	21,2	57,9	12,1

Sumber (Source): Analisis data (*data analysis*)

C. Usulan Adaptasi

IPA dan evapotranspirasi adalah parameter yang menentukan- kerentanan kekeringan yang masih dapat dimodifikasi, sedangkan parameter lainnya seperti curah hujan atau sumber air adalah faktor alam yang tidak dapat dimodifikasi. Pada parameter IPA, yang dapat dimodifikasi adalah jumlah penduduk dan penggunaan air yang lebih efisien. Pemanfaatan air secara efisien dapat dilakukan melalui penyuluhan kepada masyarakat. Pemanfaatan air hujan juga dapat menyelesaikan masalah yang dapat mengurangi penggunaan air untuk keperluan sehari-hari (Susilawati, 2006). Pembuatan embung atau tandon penyimpanan air merupakan salah satu contoh pemanfaatan air hujan (Maarif, 2011).

Besarnya evapotranspirasi dapat dikelola dengan mengatur pola tanam, karena tanaman yang mempunyai evapotranspirasi yang tinggi juga membutuhkan volume air yang banyak. Tabel 2 memperlihatkan bahwa tanah terbuka mempunyai nilai evapotranspirasi yang rendah di-bandingkan dengan penutupan lahan lainnya seperti sawah, pertanian lahan kering atau pertanian lahan kering dengan semak. Pengaturan lahan kering yang dibiarkan "bera" oleh masyarakat setempat merupakan salah satu kearifan lokal untuk beradaptasi dengan kekeringan. Sistem bera sendiri menurut Agus & Ruijter (2004) sebenarnya merupakan cara untuk meningkatkan kesuburan tanah yang banyak dilakukan di NTB dan NTT. Keadaan bera tersebut digunakan oleh pemilik lahan untuk menggembalakan ternak mereka selama musim kemarau.

IV. KESIMPULAN

DAS Moyo mempunyai kerentanan terhadap kekeringan dengan kelas "sedang" (metoda Syarif) atau "agak rentan" (metoda Paimin). Beberapa lokasi yang mempunyai kerentanan yang tinggi (berdasarkan formula Syarif), seperti Kecamatan Lantung dan Moyo Hulu beradaptasi dengan cara mengistirahatkan (membuat "bera") lahan mereka pada musim kemarau dan memanfaatkan mata air yang ada. Informasi mengenai daerah-daerah yang paling rentan dapat digunakan oleh para pengambil kebijakan sebagai dasar untuk mengatur pola tanam sehingga pengaturan penggunaan air dapat dilakukan secara efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada BPDAS HL Dodokan Moyosari yang telah memberi data dan informasi mengenai DAS Moyo. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada BPPTPDAS Surakarta yang telah menyediakan dana penelitian untuk kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., & Ruijter, J. (2004). Intensifikasi sistem bera. Bogor: ICRAF.
- Bakornas PB. (2007). *Pengenalan karakteristik bencana dan upaya mitigasinya di Indonesia*. (S. Triutomo, W. Wijaya, & M. R. Amri, Eds.). Direktorat Mitigasi, Bakornas PB.
- Beguera, Santiago, Sergio Vincente-Serrano, Fergus Reig, and Borja Latorre. 2014. "Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) revisited: Parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought

- monitoring.” *International Journal of Climatology* 34 (December 2013): 3001–23.
<https://doi.org/10.1002/joc.3887>
- Bonaccorso, B, Isabella Bordi, A Cancelliere, Giuseppe Rossi, and A Sutera. 2003. “Spatial variability of drought: an analysis of the spi in Sicily.” *Water Resource Management* 17 (August 2003): 273–96.
<https://doi.org/10.1023/A:1024716530289>
- Burchfield, E., Williams, N. E., & Carrico, A. R. (2018). Rescaling drought mitigation in rural Sri Lanka. *Regional Environmental Change*.
<https://doi.org/10.1007/s10113-018-1374-y>
- Das, P. K., Dutta, D., Sharma, J. R., & Dadhwal, V. K. (2016). Trends and behaviour of meteorological drought (1901-2008) over Indian region using standardized precipitation-evapotranspiration index. *International Journal of Climatology*, 36(2), 909–916.
<https://doi.org/10.1002/joc.4392>
- Demisse, G. B., Tadesse, T., Bayissa, Y., Atnafu, S., Argaw, M., & Nedaw, D. (2018). Vegetation condition prediction for drought monitoring in pastoralist areas: a case study in Ethiopia. *International Journal of Remote Sensing*, 00(00), 1–17.
<https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1421797>
- Dirjen RLPS. Peraturan Menteri Kehutanan No P.04 tentang Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (2009). Indonesia.
- Edossa, Desalegn Chemed, Mukand Singh Babel, and Ashim Das Gupta. 2010. “Drought analysis in the Awash River Basin, Ethiopia.” *Water Resources Management* 24 (7): 1441–60.
<https://doi.org/10.1007/s11269-009-9508-0>
- Livada, I., and V. D. Assimakopoulos. 2007. “Spatial and temporal analysis of drought in Greece using the standardized precipitation index (SPI).” *Theoretical and Applied Climatology* 89 (3–4): 143–53.
<https://doi.org/10.1007/s00704-005-0227-z>
- Maarif, S. (2011). Meningkatkan kapasitas masyarakat dalam mengatasi risiko bencana kekeringan. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, 13(2), 65–73.
- Menteri Kehutanan. Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.61/Menhut-II/2014 tentang Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan DAS (2014). Indonesia.
- Mihunov, V. V., Lam, N. S. N., Zou, L., Rohli, R. V., Bushra, N., Reams, M. A., & Argote, J. E. (2018). Community resilience to drought hazard in the South-Central United States. *Annals of the American Association of Geographers*, 108(3), 739–755.
<https://doi.org/10.1080/24694452.2017.1372177>
- Mohammad, A. H., Jung, H. C., Odeh, T., Bhuiyan, C., & Hussein, H. (2018). Understanding the impact of droughts in the Yarmouk Basin, Jordan: monitoring droughts through meteorological and hydrological drought indices. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(5).
<https://doi.org/10.1007/s12517-018-3433-6>
- Nugroho, S. P. (2015). Relevansi meningkatnya bencana hidrometeorologi terkait kerusakan DAS di Indonesia. In E. Irawan, S. Sudarwanto, T. M. Basuki, E. Savitri, A. N. Anna, A. B. Supangat, ... P. Setyono (Eds.), *Restorasi DAS: Mencari Keterpaduan Ditengah Isu*

- Perubahan Iklim* (pp. 3–24). Surakarta: Balai Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Pengelolaan DAS.
- Nugroho, S. P. (2016). 15 Tahun terakhir, tren bencana di Indonesia meningkat - Kompas.com. Retrieved February 17, 2017, from <http://nasional.kompas.com/read/2016/02/10/15560681/15.Tahun.Terakhir.Tren.Bencana.di.Indonesia.Meningkat>
- Paimin, Pramono, I. B., Purwanto, & Indrawati, D. R. (2012). *Sistem perencanaan pengelolaan daerah aliran sungai*. (H. Santoso & Pratiwi, Eds.). Bogor: Pusat Litbang Konservasi dan Rehabilitasi.
- Pemerintah RI. UU No 24 tentang Penanggulangan Bencana (2007). Indonesia.
- Putro, J. W. P., Hadiani, R., & Suyanto. (2016). Implementasi metode palmer untuk analisis kekeringan pada daerah aliran sungai temon kabupaten wonogiri. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, (September), 766–773.
- Raharjo, P. D. (2010). Teknik penginderaan jauh dan sistem informasi geografis untuk identifikasi potensi kekeringan. *Makara Teknologi*, 14(2), 97–105.
- Saidah, H., Budianto, M. B., & Hanifah, L. (2017). Analisa indeks dan sebaran kekeringan menggunakan metode standardized precipitation index (SPI) dan geographical information system (GIS) Untuk Pulau Lombok. *Jurnal Spektran*, 5(2), 173–179. Retrieved from <http://ojs.unud.ac.id/index.php/jsn/index>
- Sari, J., Pancariniwati, S., & Pratiwi, A. (2017). Analisis sebaran curah hujan wilayah menggunakan metode SPI dan hubungannya dengan indikator iklim di Provinsi Sumatera Barat. In R. Windiastuti, N. Oktaviani, M. Oktaviani, E. Suryanegara, I. Pujawati, A. N. Safi'i, ... M. Nashiha (Eds.), *Seminar Nasional Geomatika 2017: Inovasi Teknologi Penyediaan Informasi Geospasial untuk Pembangunan Berkelanjutan* (pp. 241–250). Cibinong: Badan Informasi Geospasial.
- Savitri, E., Pramono, I. B., Indrawati, D. R., Yuliantoro, D., & Ardianto, W. (2017). teknik mitigasi bencana kekeringan di DAS Moyo. Surakarta.
- Suryanti, I. (2008). *Analisis hubungan antara sebaran kekeringan menggunakan indeks palmer dengan karakteristik kekeringan (Studi Kasus: Provinsi Banten)*. IPB.
- Susilawati. (2006). Konservasi tanah dan air di daerah semi kering Propinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(1), 33–43.
- Syarif, M. M., Barus, B., & Effendy, S. (2013). Penentuan indeks bahaya kekeringan agrohidrologi: studi kasus wilayah Sungai Kariango, Sulawesi Selatan. *J. Tanah Lingkungan*, 15(1), 12–19.
- Thornthwaite, C.W. and Mather, J.R. 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Publication in Climatology Vol.X.No.3. Drexel Institute of Technology Laboratory of Climatology. Centerton, New Jersey.
- Utami, D., Hadiani, R., & Susilawati. (2013). Prediksi kekeringan berdasarkan Standardized Precipitation Index (SPI) pada Daerah Aliran Sungai Keduang di kabupaten Wonogiri. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, (September 2013), 221–226.
- Van Lanen, H. A. J. (2015). Drought: how to be prepared for the hazard? In P. Quevauviller (Ed.), *Hydrometeorological Hazards: Interfacing Science*

and Policy (1 st, Vol. 1, pp. 171–201).
John Wiley & Sons Ltd.
<https://doi.org/10.1002/9781118629567.ch3b>

Wilhite, D. A., Svoboda, M. D., & Hayes, M. J. (2007). Understanding the complex impacts of drought : a key to enhancing drought mitigation and preparedness. *Water Resource Management*, 21(15122), 763–774.

<https://doi.org/10.1007/s11269-006-9076-5>

Zou, L., Xia, J., & She, D. (2017). Effects of large-scale climate patterns and human activities on hydrological drought : a case study in the Luanhe River basin , China. *Water Resource Management*, 1687–1710.
<https://doi.org/10.1007/s11269-017-1877-1>

Lampiran 1. Parameter yang digunakan untuk penentuan kerentanan kekeringan

Parameter (Parameter)	Kelas (Class)	Keterangan (Annotation)	Skor (Score)
Hujan tahunan (Annual Rainfall) (mm)	> 2000	Sangat rendah	1
	1501-2000	Rendah	2
	1001-1500	Sedang	3
	500-1000	Tinggi	4
	< 500	Sangat tinggi	5
Evapotranspirasi aktual tahunan (Actual annual evapotranspiration) (mm)	< 750	Sangat rendah	1
	751-1000	Rendah	2
	1001-1500	Sedang	3
	1501-2000	Tinggi	4
	> 2000	Sangat tinggi	5
Jumlah bulan kering (dry month) (< 100 mm/bl)	< 2	Sangat rendah	1
	3-4	Rendah	2
	5-7	Sedang	3
	7-8	Tinggi	4
	>8	Sangat tinggi	5
Geologi (Geology)	Vulkan	Sangat rendah	1
	Cmp Vulk-Pgn Lpt	Rendah	2
	Pgn Lipatan	Sedang	3
	Batuan Sedimen	Tinggi	4
	Batuan Kapur	Sangat tinggi	5
Kebutuhan Air (Indeks Peng Air) (Water use index) Jumlah Air (m3/th)	>6.800	Sangat rendah	1
	5.100-6.800	Rendah	2
	3.400-5.100	Sedang	3
	IPA = ----- 1.700-3.400	Tinggi	4
	Juml. Pddk (orang)	<1.700	Sangat tinggi
Debit minimum spesifik (Spesific minimum discharge) (m3/dt/km2)	> 0,035	Sangat rendah	1
	0,022-0,035	Rendah	2
	0,015-0,021	Sedang	3
	0,010-0,014	Tinggi	4
	< 0,010	Sangat tinggi	5

Sumber: Paimin et al., (2012)

Lampiran 2. Parameter yang digunakan untuk penentuan kerentanan kekeringan

Parameter (Parameter)	Kelas (Class)	Skor (Score)
Curah Hujan Musim Kering (<i>Rainfall on dry season</i>) (mm/bln)	> 60	1
	45–60	2
	30–45	3
	15–30	4
	< 15	5
Sumber Air Permukaan (<i>Surface water</i>) (Sungai dan Irigasi)	0–100 m	1
	100–200 m	2
	200–300 m	3
	300–400 m	4
	> 500 m	5
Tekstur (<i>Texture</i>)	Lempung berdebu	1
	Lempung berliat	2
	Liat, Liat berpasir	3
	Lempung berpasir	4
	Pasir Berlempung	5
Kedalaman air tanah (sumur) (<i>Ground water depth</i>)	4.00–11.4 m	1
	11.4–17.9 m	2
	17.9–24.1 m	3
	24.1–33.5 m	4
	33.0–50.0 m	5
Vegetasi (<i>Water Supplying Vegetation Index</i>)	- 0.0564–(-)0.0103	5
	- 0.0103–(-)0.0009	4
	- 0.0009–0.0092	3
	0.0092–0.0189	2
	0.0189–0.0563	1

Sumber: Syarif *et al.*, (2013)